

薄膜磁気ヘッド

発明の背景

1. 発明の技術分野

本発明は、少なくとも誘導型電磁変換素子を有する薄膜磁気ヘッドに関する。

2. 関連技術の説明

近年、ハードディスク装置の面記録密度が著しく向上している。特に最近では、ハードディスク装置の面記録密度は、100～160ギガバイト／プラッタに達し、更にそれを超える勢いである。これに伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。

薄膜磁気ヘッドとしては、書き込み用の誘導型電磁変換素子を有する記録ヘッドと読み出し用の磁気抵抗効果素子（以下、MR（Magnetoresistive）素子とも記す。）を有する再生ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。

記録ヘッドは、一般的に、記録媒体に対向する媒体対向面（エアペアリング面）側において互いに対向する磁極部分を含むと共に、互いに磁気的に連結された下部磁極層および上部磁極層と、下部磁極層の磁極部分と上部磁極層の磁極部分との間に設けられた記録ギャップ層と、少なくとも一部が下部磁極層および上部磁極層の間に、これらに対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルとを備えている。

また、再生ヘッドは、一般的に、下部シールド層と上部シールド層の間にMR素子を配置した構造になっている。

ところで、例えばハードディスク装置に用いられる浮上型薄膜磁気ヘッドは、一般的に、後端部に薄膜磁気ヘッド素子が形成されたスライダによって構成されるようになっている。スライダは、記録媒体の回転によって生じる空気流によって記録媒体の表面からわずかに浮上するようになっている。ハードディスク装置の面記録密度を向上させるためには、スライダの浮上量の縮小が求められる。スライダの浮上時における薄膜磁気ヘッド素子と記録媒体の表面との距離は、例えば5～8nm程度である。

スライダの浮上量が小さくなると、スライダと記録媒体との衝突が生じやすくなり、その結果、記録媒体や薄膜磁気ヘッド素子の損傷が生じやすくなる。また、記録ヘッドでは、薄膜コイルが発生する熱によって磁極層が膨張し、磁極層の媒体対向面側の端部が突出する場合がある。この磁極層の突出は、スライダと記録媒体との衝突を生じやすくする。

複合型膜磁気ヘッドでは、上部磁極層と下部磁極層のうち下部磁極層の方が再生ヘッドに近い位置に配置され、上部磁極層によって記録トラック幅が規定され、下部磁極層は上部磁極層よりも大きく形成される場合が多い。この場合、下部磁極層は、上部磁極層に比べて体積が大きいことから、熱による膨張量も大きい。また、下部磁極層は、上部磁極層に比べて、スライダの表面から遠い位置に配置されるため、下部磁極層における熱は外部に放出されにくい。このことからも、下部磁極層における熱による膨張量は大きくなる。以上のことから、下部磁極層の突出量は大きくなりやすい。

そこで、下部磁極層の突出量を小さくするために、下部磁極層を小さくすることが考えられる。しかしながら、下部磁極層を小さくすると、コイルから下部磁極層に伝えられた熱が下部磁極層から放出されにくくなる。その結果、やはり、下部磁極層における熱による膨張量は大きくなり、下部磁極層の突出量も大きくなってしまう。

また、特に下部磁極層が再生ヘッドにおける上部シールド層を兼ねている場合には、下部磁極層を小さくすると、MR素子に対するシールド機能が低下し、再生ヘッドの特性が劣化するという問題が生じる。

発明の目的および概要

本発明の目的は、薄膜コイルが発生する熱によって磁極層の媒体対向面側の端部が突出することを抑制できるようにした薄膜磁気ヘッドを提供することにある。

本発明の第1および第2の薄膜磁気ヘッドは、

記録媒体に対向する媒体対向面と、

媒体対向面側において互いに対向する磁極部分を含む第1および第2の磁極層

と、

媒体対向面から離れた位置に配置され、第1の磁極層の一部と第2の磁極層の一部の少なくとも一方を含み、第1の磁極層と第2の磁極層とを磁気的に連結する連結部と、

第1の磁極層の磁極部分と第2の磁極層の磁極部分との間に設けられたギャップ層と、

連結部の回りに配置され、且つ一部が第1および第2の磁極層の間に、第1および第2の磁極層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルと、

第1の磁極層および薄膜コイルを冷却するための冷却層と、

基板とを備え、

第1および第2の磁極層、ギャップ層、薄膜コイルおよび冷却層は基板に積層され、且つ第1および第2の磁極層のうち、第1の磁極層の方が基板に近い位置に配置されたものである。

本発明の第1の薄膜磁気ヘッドでは、第1の磁極層と冷却層は、同じ磁性材料によって形成されている。第1の磁極層と冷却層は、それぞれ薄膜コイルにおける基板に近い面に対向するコイル対向部を有している。冷却層のコイル対向部は、第1の磁極層のコイル対向部よりも媒体対向面から遠い位置に配置されている。第1の磁極層のコイル対向部と冷却層のコイル対向部は、間隙を介して隔てられている。

本発明の第1の薄膜磁気ヘッドは、更に、絶縁材料によって形成され、第1の磁極層と薄膜コイルとの間に配置された第1の絶縁部と、絶縁材料によって形成され、冷却層と薄膜コイルとの間に配置された第2の絶縁部とを備えていてよい。第1の絶縁部は第2の絶縁部よりも厚くてもよい。

本発明の第1の薄膜磁気ヘッドにおいて、第1の磁極層と冷却層はそれぞれ側面を有し、第1の磁極層の側面は、媒体対向面に露出する第1の部分と、媒体対向面とは反対側の第2の部分と、第1の部分の一端と第2の部分の一端とを連結する第3の部分と、第1の部分の他端と第2の部分の他端とを連結する第4の部分とを含み、冷却層の側面の一部は、第1の磁極層の側面のうちの第2の部分、第3の部分および第4の部分に、所定の間隔を開けて対向していてよい。

本発明の第1の薄膜磁気ヘッドは、更に、第1の磁極層と冷却層との間に配置された絶縁層を備え、第1の磁極層、冷却層および絶縁層の上面は平坦化されていてもよい。

本発明の第1の薄膜磁気ヘッドは、更に、薄膜コイルの両側の位置において第1の磁極層と冷却層を接続する2つの接続部を備え、接続部は、第1の磁極層および冷却層と同じ磁性材料によって形成されていてもよい。この場合、薄膜磁気ヘッドは、更に、第1の磁極層と冷却層との間に配置された絶縁層を備え、第1の磁極層、冷却層、接続部および絶縁層の上面は平坦化されていてもよい。

本発明の第1の薄膜磁気ヘッドにおいて、冷却層は、第1の磁極層よりも広い領域に配置されていてもよい。

本発明の第1の薄膜磁気ヘッドは、更に、媒体対向面の近傍に配置された磁気抵抗効果素子と、磁気抵抗効果素子の上下に配置された2つのシールド層とを備え、磁気抵抗効果素子および2つのシールド層は、基板と第1の磁極層との間に配置されていてもよい。

本発明の第2の薄膜磁気ヘッドでは、冷却層は、第1の磁極層の熱伝導率以上の熱伝導率を有している。第1の磁極層と冷却層は、それぞれ薄膜コイルにおける基板に近い面に対向するコイル対向部を有している。冷却層のコイル対向部は、第1の磁極層のコイル対向部よりも媒体対向面から遠い位置に配置されている。第1の磁極層のコイル対向部と冷却層のコイル対向部は、間隙を介して隔てられている。

本発明の第2の薄膜磁気ヘッドは、更に、絶縁材料によって形成され、第1の磁極層と薄膜コイルとの間に配置された第1の絶縁部と、絶縁材料によって形成され、冷却層と薄膜コイルとの間に配置された第2の絶縁部とを備えていてもよい。第1の絶縁部は第2の絶縁部よりも厚くてもよい。

本発明の第2の薄膜磁気ヘッドにおいて、第1の磁極層と冷却層はそれぞれ側面を有し、冷却層の側面の一部は、第1の磁極層の側面のうちの2分の1以上の部分に、所定の間隔を開けて対向していてもよい。

本発明の第2の薄膜磁気ヘッドは、更に、第1の磁極層と冷却層との間に配置された絶縁層を備え、第1の磁極層、冷却層および絶縁層の上面は平坦化されて

いてもよい。

本発明の第2の薄膜磁気ヘッドは、更に、第1の磁極層の熱伝導率以上の熱伝導率を有し、薄膜コイルの両側の位置において第1の磁極層と冷却層を接続する2つの接続部を備えていてもよい。この場合、薄膜磁気ヘッドは、更に、第1の磁極層と冷却層との間に配置された絶縁層を備え、第1の磁極層、冷却層、接続部および絶縁層の上面は平坦化されていてもよい。

本発明の第2の薄膜磁気ヘッドにおいて、冷却層は、第1の磁極層よりも広い領域に配置されていてもよい。

本発明の第2の薄膜磁気ヘッドは、更に、媒体対向面の近傍に配置された磁気抵抗効果素子と、磁気抵抗効果素子の上下に配置された2つのシールド層とを備え、磁気抵抗効果素子および2つのシールド層は、基板と第1の磁極層との間に配置されていてもよい。

本発明の薄膜磁気ヘッドでは、薄膜コイルが発生する熱が冷却層に伝わることによって、第1の磁極層および薄膜コイルが冷却される。また、本発明によれば、第1の磁極層のコイル対向部と冷却層のコイル対向部が、間隙を介して隔てられているので、熱による第1の磁極層の膨張量を小さくすることができる。これらのことから、本発明によれば、磁極層の媒体対向面側の端部が突出することを抑制できる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、更に、第1の磁極層と薄膜コイルとの間に配置された第1の絶縁部と、冷却層と薄膜コイルとの間に配置された第2の絶縁部とを備え、第1の絶縁部は第2の絶縁部よりも厚くてもよい。この場合には、薄膜コイルが発生する熱は、第1の磁極層よりも冷却層の方に伝わりやすくなり、第1の磁極層の冷却をより効果的に行なうことができる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、第1の磁極層の側面は、媒体対向面に露出する第1の部分と、媒体対向面とは反対側の第2の部分と、第1の部分の一端と第2の部分の一端とを連結する第3の部分と、第1の部分の他端と第2の部分の他端とを連結する第4の部分とを含み、冷却層の側面の一部は、第1の磁極層の側面のうちの第2の部分、第3の部分および第4の部分に、所定の間隔を開けて対向していてもよい。また、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、冷却層の

側面の一部は、第1の磁極層の側面のうちの2分の1以上の部分に、所定の間隔を開けて対向していてもよい。これらの場合には、第1の磁極層から冷却層へ熱が伝わりやすくなり、第1の磁極層の冷却をより効果的に行なうことができる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、更に、薄膜コイルの両側の位置において第1の磁極層と冷却層を接続する2つの接続部を備えていてもよい。この場合には、第1の磁極層から冷却層へ熱が伝わりやすくなり、第1の磁極層の冷却をより効果的に行なうことができる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッドにおいて、冷却層は、第1の磁極層よりも広い領域に配置されていてもよい。この場合には、薄膜コイルから冷却層に伝わる熱量を多くすることができると共に、冷却層における放熱量を多くすることができ、第1の磁極層および薄膜コイルの冷却をより効果的に行なうことができる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッドは、更に、媒体対向面の近傍に配置された磁気抵抗効果素子と、磁気抵抗効果素子の上下に配置された2つのシールド層とを備え、磁気抵抗効果素子および2つのシールド層は、基板と第1の磁極層との間に配置されていてもよい。この場合には、第1の磁極層が小さい場合であっても、シールド層による磁気抵抗効果素子に対するシールド機能が低下することを防止できる。

本発明のその他の目的、特徴および利益は、以下の説明を以て十分明白になるであろう。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドを示す説明図である。

図2は、本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。

図3は、トランスマカーブの劣化について説明するための説明図である。

図4は、本発明の第2の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドを示す説明図である。

図5は、本発明の第3の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部を示す平面図

である。

図6は、本発明の第4の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部を示す平面図である。

図7は、本発明の第5の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部を示す平面図である。

図8は、第1の比較例の薄膜磁気ヘッドを示す説明図である。

図9は、第2の比較例の薄膜磁気ヘッドを示す説明図である。

図10は、第3の比較例の薄膜磁気ヘッドを示す説明図である。

図11は、第4の比較例の薄膜磁気ヘッドを示す説明図である。

好適な実施の形態の詳細な説明

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

[第1の実施の形態]

まず、図1および図2を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。図1は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部を示す平面図(a)と本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの断面図(b)とを対応させて示している。なお、断面図(b)は、薄膜磁気ヘッドの、エアペアリング面および基板の上面に垂直な断面を示している。図2は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部を示す斜視図である。

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、まず、例えばアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイド($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$)よりなる基板1の上に、例えばアルミナ(Al_2O_3)よりなる絶縁層2を、約 $5 \mu\text{m}$ の厚みに形成する。次に、めっき法またはスパッタ法によって、絶縁層2の上に、磁性材料となる、再生ヘッド用の下部シールド層3を、例えば $2 \sim 3 \mu\text{m}$ の厚みに形成する。次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層21を、例えば $3 \sim 4 \mu\text{m}$ の厚みに形成し、例えば化学機械研磨(以下、CMPと記す。)によって、下部シールド層3が露出するまで研磨して、表面を平坦化処理する。

次に、下部シールド層3および絶縁層21の上に、絶縁膜としての下部シールドギャップ膜4を、例えば $10 \sim 15 \text{ nm}$ の厚みに形成する。次に、下部シール

ドギャップ膜4の上に、磁気的信号検出用のMR素子5を、数十nmの厚みに形成する。MR素子5は、例えば、スパッタ法によって形成したMR膜を選択的にエッチングすることによって形成する。また、MR素子5は、記録媒体に対向する媒体対向面としてのエアペアリング面30の近傍に配置される。なお、MR素子5には、AMR（異方性磁気抵抗効果）素子、GMR（巨大磁気抵抗効果）素子、あるいはTMR（トンネル磁気抵抗効果）素子等の磁気抵抗効果を示す感磁膜を用いた素子を用いることができる。次に、下部シールドギャップ膜4の上に、MR素子5に電気的に接続される一対の電極層6（図2参照）を、数十nmの厚みに形成する。次に、下部シールドギャップ膜4およびMR素子5の上に、絶縁膜としての上部シールドギャップ膜7を、例えば約10～15nmの厚みに形成し、MR素子5をシールドギャップ膜4、7内に埋設する。シールドギャップ膜4、7に使用する絶縁材料としては、アルミナ、窒化アルミニウム、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）等がある。また、シールドギャップ膜4、7は、スパッタ法によって形成してもよいし、化学的気相成長（以下、CVDと記す。）法によって形成してもよい。

次に、めっき法またはスパッタ法によって、上部シールドギャップ膜7の上に、磁性材料よりなる、再生ヘッド用の上部シールド層8を、例えば1.0～1.5μmの厚みに形成する。上部シールド層8の材料としては、例えばNiFe、CoFeまたはFeNが用いられる。次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層22を、例えば2～3μmの厚みに形成し、例えばCMPによって、上部シールド層8が露出するまで研磨して、表面を平坦化処理する。次に、ここまで工程で得られた積層体の上面全体の上に、例えばアルミナよりなる絶縁層9を、例えば0.1～0.3μmの厚みに形成する。

次に、めっき法またはスパッタ法によって、絶縁層9の上に、記録ヘッド用の下部磁極層11と、冷却層12とを形成する。下部磁極層11と冷却層12は、いずれも矩形の板状をなしている。冷却層12は、下部磁極層11よりも、エアペアリング面30から遠い位置に配置される。

下部磁極層11および冷却層12の厚みは、例えば1.5～2.5μmである。下部磁極層11は、磁性材料よりなる。下部磁極層11の材料としては、例え

ばNiFe、CoNiFeまたはFeNが用いられる。冷却層12の材料は、下部磁極層11と同じ磁性材料であってもよい。この場合には、下部磁極層11および冷却層12を同時に形成することができる。また、この場合、冷却層12の熱伝導率は、下部磁極層11の熱伝導率と等しい。

また、冷却層12の材料として、下部磁極層11の材料の熱伝導率以上の熱伝導率を有する材料を用い、冷却層12が下部磁極層11の熱伝導率以上の熱伝導率を有するようにしてもよい。この場合、冷却層12の材料は、磁性材料でもよいし、非磁性材料であってもよい。冷却層12に用いられる非磁性材料としては、例えばCuが挙げられる。

下部磁極層11の側面は、エアペアリング面30に露出する第1の部分11aと、エアペアリング面30とは反対側の第2の部分11bと、第1の部分11aの一端と第2の部分11bの一端とを連結する第3の部分11cと、第1の部分11aの他端と第2の部分11bの他端とを連結する第4の部分11dとを含んでいる。

冷却層12の側面は、エアペアリング面30に近い第1の部分12aと、エアペアリング面30から遠い第2の部分12bと、第1の部分12aの一端と第2の部分12bの一端とを連結する第3の部分12cと、第1の部分12aの他端と第2の部分12bの他端とを連結する第4の部分12dとを含んでいる。

冷却層12の側面の第1の部分12aは、下部磁極層11の側面の第2の部分11bに対して、所定の間隔を開けて対向している。冷却層12の側面の第1の部分12aと下部磁極層11の側面の第2の部分11bとの間隔は、0.2~0.6μmの範囲内であることが好ましい。

部分11a、11b、12a、12bの長さは等しくなっている。部分12c、12dは、部分11c、11dよりも長くなっている。従って、冷却層12は、下部磁極層11よりも広い領域に配置されている。

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、次に、下部磁極層11および冷却層12を覆い且つ下部磁極層11と冷却層12との間の間隙を埋めるように、例えばアルミナよりなる絶縁層13を形成する。次に、例えばCMPによって、下部磁極層11および冷却層12が露出するまで、絶縁層13を研磨して

、表面を平坦化処理する。

なお、下部磁極層11と冷却層12との間の間隙は、何の材料も充填されていない空間になっていてもよい。

また、下部磁極層11および冷却層12は、以下の方法で形成してもよい。まず、絶縁層9の上に下部磁極層11を形成する。次に、全体に、例えばアルミナよりなる薄い絶縁膜を形成する。この絶縁膜は、下部磁極層11の側面にも付着する。次に、上記絶縁膜の上に冷却層12を形成する。下部磁極層11と冷却層12との間の間隙は、上記絶縁膜によって形成される。次に、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層を形成する。次に、例えばCMPによって、下部磁極層11および冷却層12が露出するまで、絶縁層を研磨して、表面を平坦化処理する。

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、次に、積層体の上面全体の上に、記録ギャップ層14を、50～80nmの厚みに形成する。記録ギャップ層14の材料は、アルミナ等の絶縁材料でもよいし、Ru、NiCu、Ta、W、NiB等の非磁性金属材料でもよい。次に、記録ギャップ層14のうち、後述する連結部に対応する部分を選択的にエッチングして、記録ギャップ層14に開口部を形成する。

次に、例えばフレームめっき法によって、記録ギャップ層14の上に、金属、例えばCuよりなる第1のコイル15Aを形成する。第1のコイル15Aは、平面渦巻き状をなしている。第1のコイル15Aは、その内側の端部近傍に形成され、後述する第2のコイル15Bに接続される接続部15Aaを有している。

次に、エアベアリング面30の近傍の位置において記録ギャップ層14の上に磁極部分層16Aを形成すると共に、記録ギャップ層14の開口部の位置において下部磁極層11の上に連結層16Bを形成する。磁極部分層16Aおよび連結層16Bは、共に磁性材料によって形成される。また、磁極部分層16Aおよび連結層16Bは、例えばフレームめっき法によって形成される。なお、磁極部分層16Aおよび連結層16Bの厚みは、第1のコイル15Aの厚みよりも大きい。磁極部分層16Aのエアベアリング面30とは反対側の端部は、記録ヘッドのスロートハイトを規定する。また、磁極部分層16Aの幅は、記録ヘッドのトラ

ック幅を規定する。

次に、第1のコイル15A、磁極部分層16Aおよび連結層16Bを覆い且つ第1のコイル15Aの巻線間を埋めるように、例えばアルミナよりなる絶縁層17を形成する。次に、例えばCMPによって、磁極部分層16Aおよび連結層16Bが露出するまで、絶縁層17を研磨して、表面を平坦化処理する。次に、絶縁層17のうち、接続部15Aaの上に存在する部分を選択的にエッチングして、絶縁層17に開口部を形成する。

次に、例えばフレームめつき法によって、絶縁層17の上に、金属、例えばCuよりなる第2のコイル15Bを形成する。第2のコイル15Bは、平面渦巻き状をなしている。ただし、第2のコイル15Bの巻線の外側の端部から内側の端部へ向かう回転の方向は、第1のコイル15Aの巻線の外側の端部から内側の端部へ向かう回転の方向とは逆である。第2のコイル15Bは、その内側の端部近傍に形成され、絶縁層17の開口部を通して、第1のコイル15Aの接続部15Aaに接続される接続部15Baを有している。第1のコイル15Aと第2のコイル15Bは、接続部15Aa、15Ba同士が接続されて、薄膜コイル15を構成する。

次に、第2のコイル15Bを覆い且つ第2のコイル15Bの巻線間を埋めるように、例えばフォトレジストよりなる絶縁層18を形成する。

次に、例えばフレームめつき法によって、磁極部分層16A、連結層16Bおよび絶縁層18の上に、磁性材料よりなるヨーク部分層16Cを形成する。ヨーク部分層16Cは、磁極部分層16Aと連結層16Bとを磁気的に連結する。磁極部分層16A、連結層16Bおよびヨーク部分層16Cは、上部磁極層16を構成する。磁極部分層16Aは、上部磁極層16における磁極部分を構成する。下部磁極層11のうち、記録ギャップ層14を介して磁極部分層16Aと対向する部分は、下部磁極層11における磁極部分となる。

連結層16Bは、下部磁極層11と上部磁極層16とを磁気的に連結する連結部20を構成する。薄膜コイル15は、連結部20の回りに配置される。

次に、積層体の上面全体を覆うように、例えばアルミナよりなるオーバーコート層19を形成し、その表面を平坦化して、その上に、図示しない電極用パッド

を形成する。最後に、上記各層を含むスライダの研磨加工を行ってエアベアリング面30を形成して、記録ヘッドおよび再生ヘッドを含む薄膜磁気ヘッドが完成する。

なお、図1における(a)では、記録ギャップ層14、第2のコイル15B、絶縁層17、18およびオーバーコート層19を省略している。また、図2では、オーバーコート層19を省略している。

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に対向する媒体対向面としてのエアベアリング面30と、再生ヘッドと、記録ヘッド（誘導型電磁変換素子）とを備えている。再生ヘッドと記録ヘッドは、基板1に積層されている。

再生ヘッドは、エアベアリング面30の近傍に配置されたMR素子5と、MR素子5をシールドするための下部シールド層3および上部シールド層8と、MR素子5と下部シールド層3との間に配置された下部シールドギャップ膜4と、MR素子5と上部シールド層8との間に配置された上部シールドギャップ膜7とを有している。

記録ヘッドは、下部磁極層11、上部磁極層16、連結部20、記録ギャップ層14、薄膜コイル15および冷却層12を有している。下部磁極層11と上部磁極層16のうち、下部磁極層11の方が基板1に近い位置に配置されている。下部磁極層11および上部磁極層16は、エアベアリング面30側において互いに対向する磁極部分を含んでいる。連結部20は、エアベアリング面30から離れた位置に配置され、上部磁極層16の一部である連結層16Bを含み、下部磁極層11と上部磁極層16とを磁気的に連結する。記録ギャップ層14は、下部磁極層11の磁極部分と上部磁極層16の磁極部分との間に設けられている。薄膜コイル15は、下部磁極層11と上部磁極層16の間に、下部磁極層11および上部磁極層16に対して絶縁された状態で設けられている。冷却層12は、下部磁極層11および薄膜コイル15を冷却するための層である。下部磁極層11、上部磁極層16は、それぞれ本発明における第1の磁極層、第2の磁極層に対応する。

下部磁極層11と冷却層12は、同一平面上、すなわち絶縁層9の上面の上に配置されている。冷却層12は、下部磁極層11よりも広い領域に配置されてい

る。図1における(a)に示したように、下部磁極層11と冷却層12は、それぞれ薄膜コイル15における基板1に近い面(第1のコイル15Aの下面)に対向するコイル対向部11A, 12Aを有している。冷却層12のコイル対向部12Aは、下部磁極層11のコイル対向部11Aよりもエアペアリング面30から遠い位置に配置されている。コイル対向部11A, 12Aは、絶縁層13よりなる間隙を介して隔てられている。また、下部磁極層11、冷却層12および絶縁層13の上面は平坦化されている。

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、薄膜コイル15が発生する熱は、下部磁極層11と冷却層12とに伝わる。本実施の形態では、薄膜コイル15が発生する熱が冷却層12に伝わることにより、下部磁極層11および薄膜コイル15が冷却される。すなわち、本実施の形態では、薄膜コイル15が発生する熱が冷却層12に伝わることにより、冷却層12がない場合に比べて、下部磁極層11および薄膜コイル15の温度上昇を抑制することができる。

また、本実施の形態では、それぞれ薄膜コイル15における基板1に近い面に対向する下部磁極層11のコイル対向部11Aと冷却層12のコイル対向部12Aとが、間隙を介して隔てられている。更に、本実施の形態では、下部磁極層11の全体と冷却層12の全体も、間隙を介して隔てられている。従って、本実施の形態によれば、下部磁極層が薄膜コイル15における基板1に近い面の全体に對向するように広い領域に形成されている場合に比べて、熱による下部磁極層11の膨張量を小さくすることができる。

以上のことから、本実施の形態によれば、薄膜コイル15が発生する熱によって下部磁極層11のエアペアリング面30側の端部が突出することを抑制することができる。

また、本実施の形態では、冷却層12が下部磁極層11よりも広い領域に配置されているので、薄膜コイル15から冷却層12に伝わる熱量を多くすることができると共に、冷却層12における放熱量を多くすることができる。これにより、下部磁極層11および薄膜コイル15の冷却をより効果的に行なうことができる。

ここで、図8ないし図11に示す第1ないし第4の比較例の薄膜磁気ヘッドと

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドとについて、作用および効果を比較する。第1ないし第4の比較例の薄膜磁気ヘッドは、いずれも、冷却層12を有していない。図8ないし図11は、それぞれ、第1ないし第4の比較例の薄膜磁気ヘッドについて、図1と同様に、薄膜磁気ヘッドの要部を示す平面図(a)と係る薄膜磁気ヘッドの断面図(b)とを対応させて示している。また、図8ないし図11では、主要な部材の符号のみを記載している。

図8に示した第1の比較例の薄膜磁気ヘッドは、図1における上部シールド層8、絶縁層22、絶縁層9および冷却層12を備えていない。第1の比較例の薄膜磁気ヘッドでは、下部磁極層11は上部シールド層を兼ねている。下部磁極層11は、薄膜コイル15における基板1に近い面(第1のコイル15Aの下面)の全体に対向するように広い領域に形成されている。第1の比較例の薄膜磁気ヘッドにおけるその他の構成は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドと同様である。

第1の比較例の薄膜磁気ヘッドでは、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドに比べて、下部磁極層11が薄膜コイル15から受ける熱量が多く、且つ熱による下部磁極層11の膨張量も大きくなる。その結果、第1の比較例の薄膜磁気ヘッドでは、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドに比べて、下部磁極層11の突出量が大きくなる。

図9に示した第2の比較例の薄膜磁気ヘッドは、第1の比較例の薄膜磁気ヘッドにおける下部磁極層11を小さくしたものである。第2の比較例における下部磁極層11の大きさおよび位置は、本実施の形態における下部磁極層11と同様である。第2の比較例の薄膜磁気ヘッドにおけるその他の構成は、第1の比較例の薄膜磁気ヘッドと同様である。

第2の比較例の薄膜磁気ヘッドでは、第1の比較例に比べて、薄膜コイル15から下部磁極層11に伝えられた熱が下部磁極層11から放出されにくくなる。その結果、第2の比較例の薄膜磁気ヘッドでも、やはり、下部磁極層11における熱による膨張量は大きくなり、下部磁極層11の突出量も大きくなってしまう。また、本実施の形態では冷却層12によって放熱できるのに対し、第2の比較例ではそれができないため、第2の比較例では、本実施の形態に比べて、下部磁

極層 1 1 の突出量が大きくなる。

また、第 2 の比較例では、第 1 の比較例に比べて、下部磁極層 1 1 が小さくなるため、MR 素子 5 に対するシールド機能が低下し、再生ヘッドの特性が劣化するという問題が生じる。再生ヘッドの特性の劣化としては、例えば、再生ヘッドのトランスファカーブの劣化がある。再生ヘッドのトランスファカーブとは、MR 素子への印加磁界の変化に対する MR 素子の抵抗の変化を表す曲線である。

ここで、図 3 を参照して、トランスファカーブの劣化について簡単に説明する。図 3 は、トランスファカーブを模式的に表したものである。図 3 において、横軸は MR 素子への印加磁界を表し、縦軸は MR 素子の抵抗変化量を表している。図 3 において、符号 1 0 1 で示す線は、理想的なトランスファカーブを表している。また、符号 1 0 2 で示す線は、良品と判定される再生ヘッドのトランスファカーブ（以下、良好なトランスファカーブと言う。）を表している。また、符号 1 0 3 で示す線は、不良品と判定される再生ヘッドのトランスファカーブ（以下、不良なトランスファカーブと言う。）を表している。符号 1 0 3 で示すトランスファカーブでは、磁界の変化に対して抵抗がほとんど変化しない部分が存在している。トランスファカーブの劣化とは、トランスファカーブが、符号 1 0 2 で示した良好なものから、符号 1 0 3 で示した不良なものに近づくことである。

第 1 の比較例では、上部シールド層を兼ねた下部磁極層 1 1 が十分に広い領域に配置されているので、トランスファカーブは良好なものになりやすい。しかし、第 2 の比較例では、上部シールド層を兼ねた下部磁極層 1 1 が小さいため、下部磁極層 1 1 の MR 素子 5 に対するシールド機能が低下し、トランスファカーブは不良なものになりやすい。

本実施の形態では、下部磁極層 1 1 は小さいが、下部磁極層 1 1 とは別に上部シールド層 8 が設けられている。従って、本実施の形態では、上部シールド層 8 を十分に広い領域に配置することにより、良好なトランスファカーブを得ることができる。

図 1 0 に示した第 3 の比較例の薄膜磁気ヘッドは、図 1 における冷却層 1 2 を備えていない。下部磁極層 1 1 は、薄膜コイル 1 5 における基板 1 に近い面（第 1 のコイル 1 5 A の下面）の全体に対向するように広い領域に形成されている。

第3の比較例の薄膜磁気ヘッドにおけるその他の構成は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドと同様である。

第3の比較例の薄膜磁気ヘッドでは、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドに比べて、下部磁極層11が薄膜コイル15から受ける熱量が多く、且つ熱による下部磁極層11の膨張量も大きくなる。その結果、第3の比較例の薄膜磁気ヘッドでは、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドに比べて、下部磁極層11の突出量が大きくなる。

図11に示した第4の比較例の薄膜磁気ヘッドは、第3の比較例の薄膜磁気ヘッドにおける下部磁極層11を小さくしたものである。第4の比較例における下部磁極層11の大きさおよび位置は、本実施の形態における下部磁極層11と同様である。第4の比較例の薄膜磁気ヘッドにおけるその他の構成は、第3の比較例の薄膜磁気ヘッドと同様である。

第4の比較例の薄膜磁気ヘッドでは、第3の比較例に比べて、薄膜コイル15から下部磁極層11に伝えられた熱が下部磁極層11から放出されにくくなる。その結果、第4の比較例の薄膜磁気ヘッドでも、やはり、下部磁極層11における熱による膨張量は大きくなり、下部磁極層11の突出量も大きくなってしまう。また、本実施の形態では冷却層12によって放熱できるのに対し、第4の比較例ではそれができないため、第4の比較例では、本実施の形態に比べて、下部磁極層11の突出量が大きくなる。

以上説明したように、本実施の形態によれば、薄膜コイル15が発生する熱によって下部磁極層11のエアベアリング面30側の端部が突出することを抑制することができると共に、良好な再生ヘッドのトランスファカーブを得ることができる。

[第2の実施の形態]

次に、図4を参照して、本発明の第2の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドについて説明する。図4は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部を示す平面図(a)と本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの断面図(b)とを対応させて示している。なお、断面図(b)は、薄膜磁気ヘッドの、エアベアリング面および基板の上面に垂直な断面を示している。

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、下部磁極層 1 1 の上面のうち、薄膜コイル 1 5 における基板 1 に近い面（第 1 のコイル 1 5 A の下面）に対向する領域に凹部が形成され、この凹部に、例えばアルミナよりなる絶縁層 2 4 が配置されている。下部磁極層 1 1 、冷却層 1 2 、絶縁層 1 3 および絶縁層 2 4 の上面は平坦化されている。本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドのその他の構成は、第 1 の実施の形態と同様である。

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの製造方法では、下部磁極層 1 1 および冷却層 1 2 を形成した後、エッチングによって下部磁極層 1 1 の上面に凹部を形成する。次に、積層体の上面全体の上に絶縁材料の層を形成し、例えば CMP によって、下部磁極層 1 1 および冷却層 1 2 が露出するまで、絶縁材料の層を研磨して、表面を平坦化処理する。これにより、絶縁層 1 3 と絶縁層 2 4 とが形成される。本実施の形態におけるその他の工程は、第 1 の実施の形態と同様である。

本実施の形態では、下部磁極層 1 1 と薄膜コイル 1 5との間には、いずれも絶縁材料によって形成された絶縁層 2 4 および記録ギャップ層 1 4 が介在する。一方、冷却層 1 2 と薄膜コイル 1 5との間には、記録ギャップ層 1 4 のみが介在する。ここで、絶縁層 2 4 および記録ギャップ層 1 4 のうち、下部磁極層 1 1 と薄膜コイル 1 5との間に配置された部分を、第 1 の絶縁部と呼ぶ。また、記録ギャップ層 1 4 のうち、冷却層 1 2 と薄膜コイル 1 5との間に配置された部分を、第 2 の絶縁部と呼ぶ。第 1 の絶縁部は第 2 の絶縁部よりも厚い。従って、本実施の形態によれば、第 1 の実施の形態に比べて、薄膜コイル 1 5 が発生する熱が、下部磁極層 1 1 よりも冷却層 1 2 の方に伝わりやすくなり、下部磁極層 1 1 の冷却をより効果的に行なうことができる。

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 1 の実施の形態と同様である。

[第 3 の実施の形態]

次に、図 5 を参照して、本発明の第 3 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドについて説明する。図 5 は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部を示す平面図である。

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、下部磁極層 1 1 の幅（部分 1 1 a,

1 1 b の長さ) が、第 1 の実施の形態における下部磁極層 1 1 の幅よりも小さくなっている。従って、本実施の形態では、下部磁極層 1 1 の幅は、冷却層 1 2 の幅 (部分 1 2 a, 1 2 b の長さ) よりも小さくなっている。その結果、本実施の形態では、第 1 の実施の形態に比べて、[冷却層 1 2 の上面の面積] / [下部磁極層 1 1 の上面の面積] の値が大きくなっている。これにより、本実施の形態によれば、第 1 の実施の形態に比べて、薄膜コイル 1 5 が発生する熱が、下部磁極層 1 1 よりも冷却層 1 2 の方に伝わりやすくなり、下部磁極層 1 1 の冷却をより効果的に行なうことができる。

なお、本実施の形態においても、第 2 の実施の形態と同様に、絶縁層 2 4 を設けてよい。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 1 の実施の形態と同様である。

[第 4 の実施の形態]

次に、図 6 を参照して、本発明の第 4 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドについて説明する。図 6 は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部を示す平面図である。

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドでは、下部磁極層 1 1 の形状は第 3 の実施の形態と同様であるが、冷却層 1 2 の形状は第 3 の実施の形態とは異なっている。すなわち、本実施の形態における冷却層 1 2 は、第 3 の実施の形態における冷却層 1 2 に、2 つの張り出し部 1 2 B, 1 2 C を附加した形状になっている。張り出し部 1 2 B, 1 2 C は、下部磁極層 1 1 の幅方向の両側に配置されている。張り出し部 1 2 B の側面の一部は、下部磁極層 1 1 の側面の第 3 の部分 1 1 c に対して、所定の間隔を開けて対向している。張り出し部 1 2 C の側面の一部は、下部磁極層 1 1 の側面の第 4 の部分 1 1 d に対して、所定の間隔を開けて対向している。

本実施の形態では、冷却層 1 2 の側面の一部は、下部磁極層 1 1 の側面のうちの第 2 の部分 1 1 b、第 3 の部分 1 1 c および第 4 の部分 1 1 d に、所定の間隔を開けて対向している。また、本実施の形態では、冷却層 1 2 の側面の一部は、下部磁極層 1 1 の側面のうちの 2 分の 1 以上の部分に、所定の間隔を開けて対向している。本実施の形態では、第 3 の実施の形態と比較して、下部磁極層 1 1 の

側面と冷却層 1 2 の側面とが対向する領域が大きい。従って、本実施の形態によれば、第 3 の実施の形態と比較して、下部磁極層 1 1 から冷却層 1 2 へ熱が伝わりやすくなり、下部磁極層 1 1 の冷却をより効果的に行なうことができる。

なお、本実施の形態においても、第 2 の実施の形態と同様に、絶縁層 2 4 を設けてよい。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 3 の実施の形態と同様である。

[第 5 の実施の形態]

次に、図 7 を参照して、本発明の第 5 の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドについて説明する。図 7 は、本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドの要部を示す平面図である。

本実施の形態に係る薄膜磁気ヘッドは、薄膜コイル 1 5 の両側の位置において下部磁極層 1 1 と冷却層 1 2 を接続する 2 つの接続部 3 1, 3 2 を備えている。接続部 3 1, 3 2 および冷却層 1 2 の材料は、下部磁極層 1 1 と同じ磁性材料であってよい。この場合には、下部磁極層 1 1、冷却層 1 2 および接続部 3 1, 3 2 を同時に形成することができる。また、この場合、冷却層 1 2 および接続部 3 1, 3 2 の熱伝導率は、下部磁極層 1 1 の熱伝導率と等しい。

また、接続部 3 1, 3 2 の材料として、下部磁極層 1 1 の材料の熱伝導率以上の熱伝導率を有する材料を用い、接続部 3 1, 3 2 が下部磁極層 1 1 の熱伝導率以上の熱伝導率を有するようにしてもよい。この場合、接続部 3 1, 3 2 の材料は、磁性材料でもよいし、非磁性材料であってもよい。接続部 3 1, 3 2 に用いられる非磁性材料としては、例えば Cu が挙げられる。

下部磁極層 1 1、冷却層 1 2 および接続部 3 1, 3 2 は、同一平面上、すなわち絶縁層 9 の上面の上に配置されている。また、下部磁極層 1 1、冷却層 1 2、接続部 3 1, 3 2 および絶縁層 1 3 の上面は平坦化されている。

本実施の形態では、接続部 3 1, 3 2 によって、下部磁極層 1 1 から冷却層 1 2 へ熱が伝わりやすくなり、下部磁極層 1 1 の冷却をより効果的に行なうことができる。

また、本実施の形態では、接続部 3 1, 3 2 によって下部磁極層 1 1 と冷却層 1 2 とが接続されているが、接続部 3 1, 3 2 の間の領域では、下部磁極層 1 1

の側面と冷却層 1 2 の側面とが間隙を介して隔てられている。接続部 3 1, 3 2 は、薄膜コイル 1 5 に対向しない位置に配置されているため、接続部 3 1, 3 2 の近傍の領域における下部磁極層 1 1 および冷却層 1 2 の熱による膨張量は小さい。そのため、接続部 3 1, 3 2 によって下部磁極層 1 1 と冷却層 1 2 とが接続されいても、下部磁極層 1 1 のエアベアリング面 3 0 側の端部が突出することを抑制することができる。

なお、本実施の形態においても、第 2 の実施の形態と同様に、絶縁層 2 4 を設けてもよい。本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 1 の実施の形態と同様である。

なお、本発明は、上記各実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、本発明は、下部磁極層が上部シールド層を兼ねた構造の薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。この構造において、冷却層が磁性材料によって形成される場合には、冷却層も上部シールド層の機能を有するため、MR 素子に対するシールド機能が低下することを防止することができる。

また、各実施の形態では、薄膜コイル 1 5 が 2 つの層によって構成された例を示したが、本発明において、薄膜コイルは、1 つの層によって構成されていてもよいし、3 つ以上の層によって構成されていてもよい。

また、本発明は、誘導型電磁変換素子のみを有する記録専用の薄膜磁気ヘッドや、誘導型電磁変換素子によって記録と再生を行う薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。

以上の説明に基づき、本発明の種々の態様や変形例を実施可能であることは明らかである。従って、以下の請求の範囲の均等の範囲において、上記の最良の形態以外の形態でも本発明を実施することが可能である。

クレーム

1. 記録媒体に対向する媒体対向面と、

前記媒体対向面側において互いに対向する磁極部分を含む第1および第2の磁極層と、

前記媒体対向面から離れた位置に配置され、前記第1の磁極層の一部と前記第2の磁極層の一部の少なくとも一方を含み、前記第1の磁極層と第2の磁極層とを磁気的に連結する連結部と、

前記第1の磁極層の磁極部分と前記第2の磁極層の磁極部分との間に設けられたギャップ層と、

前記連結部の回りに配置され、且つ一部が前記第1および第2の磁極層の間に、前記第1および第2の磁極層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルと、

前記第1の磁極層および薄膜コイルを冷却するための冷却層と、

基板とを備え、

前記第1および第2の磁極層、ギャップ層、薄膜コイルおよび冷却層は前記基板に積層され、且つ前記第1および第2の磁極層のうち、第1の磁極層の方が前記基板に近い位置に配置された薄膜磁気ヘッドであって、

前記第1の磁極層と前記冷却層は、同じ磁性材料によって形成され、

前記第1の磁極層と前記冷却層は、それぞれ前記薄膜コイルにおける基板に近い面に対向するコイル対向部を有し、

前記冷却層のコイル対向部は、前記第1の磁極層のコイル対向部よりも媒体対向面から遠い位置に配置され、

前記第1の磁極層のコイル対向部と前記冷却層のコイル対向部は、間隙を介して隔てられていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

2. 更に、絶縁材料によって形成され、前記第1の磁極層と前記薄膜コイルとの間に配置された第1の絶縁部と、絶縁材料によって形成され、前記冷却層と前記薄膜コイルとの間に配置された第2の絶縁部とを備え、前記第1の絶縁部は前記第2の絶縁部よりも厚いことを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

3. 前記第1の磁極層と前記冷却層はそれぞれ側面を有し、

前記第1の磁極層の側面は、媒体対向面に露出する第1の部分と、媒体対向面とは反対側の第2の部分と、前記第1の部分の一端と前記第2の部分の一端とを連結する第3の部分と、前記第1の部分の他端と前記第2の部分の他端とを連結する第4の部分とを含み、

前記冷却層の側面の一部は、前記第1の磁極層の側面のうちの第2の部分、第3の部分および第4の部分に、所定の間隔を開けて対向していることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

4. 更に、前記第1の磁極層と前記冷却層との間に配置された絶縁層を備え、前記第1の磁極層、冷却層および絶縁層の上面は平坦化されていることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

5. 更に、前記薄膜コイルの両側の位置において前記第1の磁極層と前記冷却層を接続する2つの接続部を備え、前記接続部は、前記第1の磁極層および冷却層と同じ磁性材料によって形成されていることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

6. 更に、前記第1の磁極層と前記冷却層との間に配置された絶縁層を備え、前記第1の磁極層、冷却層、接続部および絶縁層の上面は平坦化されていることを特徴とする請求項5記載の薄膜磁気ヘッド。

7. 前記冷却層は、前記第1の磁極層よりも広い領域に配置されていることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

8. 更に、前記媒体対向面の近傍に配置された磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子の上下に配置された2つのシールド層とを備え、

前記磁気抵抗効果素子および2つのシールド層は、前記基板と前記第1の磁極層との間に配置されていることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

9. 記録媒体に対向する媒体対向面と、

前記媒体対向面側において互いに対向する磁極部分を含む第1および第2の磁極層と、

前記媒体対向面から離れた位置に配置され、前記第1の磁極層の一部と前記第2の磁極層の一部の少なくとも一方を含み、前記第1の磁極層と第2の磁極層とを磁気的に連結する連結部と、

前記第1の磁極層の磁極部分と前記第2の磁極層の磁極部分との間に設けられたギャップ層と、

前記連結部の回りに配置され、且つ一部が前記第1および第2の磁極層の間に、前記第1および第2の磁極層に対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイルと、

前記第1の磁極層および薄膜コイルを冷却するための冷却層と、

基板とを備え、

前記第1および第2の磁極層、ギャップ層、薄膜コイルおよび冷却層は前記基板に積層され、且つ前記第1および第2の磁極層のうち、第1の磁極層の方が前記基板に近い位置に配置された薄膜磁気ヘッドであって、

前記冷却層は、第1の磁極層の熱伝導率以上の熱伝導率を有し、

前記第1の磁極層と前記冷却層は、それぞれ前記薄膜コイルにおける基板に近い面に対向するコイル対向部を有し、

前記冷却層のコイル対向部は、前記第1の磁極層のコイル対向部よりも媒体対向面から遠い位置に配置され、

前記第1の磁極層のコイル対向部と前記冷却層のコイル対向部は、間隙を介して隔てられていることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

10. 更に、絶縁材料によって形成され、前記第1の磁極層と前記薄膜コイルとの間に配置された第1の絶縁部と、絶縁材料によって形成され、前記冷却層と前記薄膜コイルとの間に配置された第2の絶縁部とを備え、前記第1の絶縁部は前記第2の絶縁部よりも厚いことを特徴とする請求項9記載の薄膜磁気ヘッド。

1 1. 前記第1の磁極層と前記冷却層はそれぞれ側面を有し、前記冷却層の側面の一部は、前記第1の磁極層の側面のうちの2分の1以上の部分に、所定の間隔を開けて対向していることを特徴とする請求項9記載の薄膜磁気ヘッド。

1 2. 更に、前記第1の磁極層と前記冷却層との間に配置された絶縁層を備え、前記第1の磁極層、冷却層および絶縁層の上面は平坦化されていることを特徴とする請求項9記載の薄膜磁気ヘッド。

1 3. 更に、前記第1の磁極層の熱伝導率以上の熱伝導率を有し、前記薄膜コイルの両側の位置において前記第1の磁極層と前記冷却層を接続する2つの接続部を備えたことを特徴とする請求項9記載の薄膜磁気ヘッド。

1 4. 更に、前記第1の磁極層と前記冷却層との間に配置された絶縁層を備え、前記第1の磁極層、冷却層、接続部および絶縁層の上面は平坦化されていることを特徴とする請求項13記載の薄膜磁気ヘッド。

1 5. 前記冷却層は、前記第1の磁極層よりも広い領域に配置されていることを特徴とする請求項9記載の薄膜磁気ヘッド。

1 6. 更に、前記媒体対向面の近傍に配置された磁気抵抗効果素子と、前記磁気抵抗効果素子の上下に配置された2つのシールド層とを備え、前記磁気抵抗効果素子および2つのシールド層は、前記基板と前記第1の磁極層との間に配置されていることを特徴とする請求項9記載の薄膜磁気ヘッド。

要約

記録ヘッドは、下部磁極層、上部磁極層、連結部、記録ギャップ層、薄膜コイルおよび冷却層を有している。連結部は、エアベアリング面から離れた位置に配置され、下部磁極層と上部磁極層とを磁気的に連結する。記録ギャップ層は、下部磁極層と上部磁極層の各磁極部分の間に設けられている。薄膜コイルは、下部磁極層と上部磁極層の間に、これらに対して絶縁された状態で設けられている。下部磁極層と冷却層は、同一平面上に配置されている。冷却層は、下部磁極層よりも、エアベアリング面から遠い位置に配置されている。下部磁極層と冷却層は間隙を介して隔てられている。